



Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

Office européen  
des brevets

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

02026664.9

**CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT**

Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

R C van Dijk

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



Anmeldung Nr:  
Application no.: 02026664.9  
Demande no:

Anmeldetag:  
Date of filing: 29.11.02  
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH + Co. KG  
Johann-Maus-Strasse 2  
71254 Ditzingen  
ALLEMAGNE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:  
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.  
If no title is shown please refer to the description.  
Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

Spiegel einer Laserbearbeitungsmaschine

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s)  
revendiquée(s)

Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/  
Classification internationale des brevets:

G02B26/08

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten/Contracting states designated at date of  
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR

**CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

## BESCHREIBUNG

### Spiegel einer Laserbearbeitungsmaschine

5

Die Erfindung betrifft einen Spiegel einer Laserbearbeitungsmaschine mit einer über ihre Membranrückseite druckbeaufschlagbaren Spiegelplattenmembran und mit einem Membranträger.

10

Ein derartiger Spiegel ist beispielsweise durch die DE 100 01 900 A1 bekannt geworden.

15

Durch die DE 100 01 900 A1 ist ein deformierbarer Spiegel mit einer Spiegelplatte und einem konzentrisch auf der Rückseite der Spiegelfläche angreifenden Aktuator bekannt geworden. Der Aktuator arbeitet auf einem hinter der Spiegelplatte gelegenen Ring, der vorzugsweise integral mit der Spiegelplatte ausgebildet ist. Die Sphäre der Spiegelfläche lässt sich außer über die Querschnittsgeometrie des Ringes auch über eine zentralsymmetrische Schwächung der Spiegelplatte beeinflussen, sowie durch statischen Überdruck einer fluidgefüllten Kammer hinter der Spiegelplatte.

20

Nach der technischen Lehre der DE 39 00 467 A1 sieht man auf der Rückseite des Spiegels einen Hohlraum vor und gibt in diesen Hohlraum mehr oder weniger Druck, so dass sich die Geometrie des Spiegels unter dessen Einfluss ändert.

25

Bei einem deformierbaren Spiegel nach der Lehre der DE 100 52 249 A1 als Laser-Strahlführungskomponente mit einem Gehäuse, welchem ein



Spiegelement zugeordnet ist, wobei das Spiegelement verformbar ausgebildet ist, soll das Spiegelement mittels eines Mediums kühlbar sein.

Mit Hilfe sphärischer optischer Elemente wie Linsen oder Spiegel können nur  
5 der optischen Achse nahe Strahlen mit geringem Abbildungsfehler fokussiert werden, weil mit dem Achsenabstand Abbildungsfehler durch sphärische Aberration zunehmen. Mit zunehmendem Abstand und einer Vergrößerung des Winkels zur optischen Achse tritt ferner Astigmatismus auf.

10 Eine bekannte Möglichkeit zur Reduzierung dieser Abbildungsfehler besteht darin, einen zusätzlichen Umlenkspiegel einzusetzen. **Fig. 5** veranschaulicht eine Strahlführung eines erzeugten Laserstrahls **17** bei einer bekannten Laserbearbeitungsmaschine. Es wird eine kreisrunde reflektierende Fläche  
15 eines Spiegels **18** eingesetzt, welche durch eine Druckbeaufschlagung zu einem sphärischen Spiegel 18 verformt werden kann. Es ist ein zusätzlicher Umlenkspiegel **19** erforderlich, welcher den Laserstrahl 17 unter einem kleinen Winkel auf den adaptiven Spiegel 18 lenkt. Es werden zwei Spiegel benötigt, um eine justierbare Fokussierung des Laserstrahls im  
20 Bearbeitungskopf der Laserbearbeitungsmaschine zu erreichen.

Allgemein bekannt ist es, dass für einen abbildenden Spiegel der Schnittweite  $s$  bei großen Strahlumlenkwinkeln (der optischen Achse), insbesondere 90°-Umlenkungen, im Gegensatz zum sphärischen Spiegel,  
25 asphärische Verformungen der reflektierenden Fläche des Spiegels erforderlich sind, wie sie beispielsweise durch adaptive Spiegel mit einer druckbeaufschlagbaren elliptischen oder ovalen reflektierenden Fläche erzeugt werden können. Derartige Spiegel sind aber aufwändig zu realisieren.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, einen adaptiven asphärischen Spiegel zu schaffen, welcher einen Laserstrahl um größere Winkel (insbesondere  $90^\circ$ ) so umlenkt, dass der Abbildungsfehler, der bei der Umlenkung entsteht, klein ist, und welcher einfach zu fertigen ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen Spiegel einer Laserbearbeitungsmaschine mit einer Spiegelplattenmembran und mit einem Membranträger gelöst, welcher im Bereich der Membranrückseite eine druckbeaufschlagbare, annähernd elliptische oder annähernd rechteckige oder ovale Fläche der Membranrückseite begrenzt bzw. definiert. Membranträger und Spiegelplattenmembran sind fest miteinander verbunden und bilden ein einstückiges Bauteil.

Die Begrenzung der annähernd elliptisch oder annähernd rechteckigen oder ovalen Fläche durch den Membranträger führt bei einer Druckbeaufschlagung dieses Bereichs der Membranrückseite zu einem adaptiven Spiegel mit asphärischer Verformung wie für größere Umlenkwinkel.

Eine Unterfräsung bzw. die Ausfräsung des Membranträgers schafft eine einfache Realisierung in Form der annähernd elliptischen oder ovalen Fläche unabhängig von der Geometrie des Membranträgers, der beispielsweise ringförmig und/oder kreisrund ausgebildet sein kann. Wenn der Membranträger ein kreisrundes Anschlussstück (Rohransatz) umfasst, kann der Spiegel an bestehende Komponenten der Strahlführung leicht angeflanscht werden.



Hinsichtlich der Verwirklichung der Druckbeaufschlagung kommen folgende technische Lösungen in Betracht: Die annähernd elliptische oder annähernd rechteckige oder ovale Fläche kann durch Kühlwasser für die Spiegelplattenmembran oder ein Fluid oder durch einen Aktuator druckbeaufschlagt werden.

Eine vorgegebene makroskopische Krümmung der reflektierenden Fläche des Spiegels führt in Verbindung mit der einstellbaren Druckbeaufschlagung eines annähernd elliptischen oder rechteckigen oder ovalen Bereichs der Spiegelplattenmembran zu einer vorteilhaften Kombination von Fokussierspiegel und Fokusverstellspiegel.

Zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung und eine bekannte Laserstrahlführung sind in der Zeichnung schematisch dargestellt und werden nachfolgend mit Bezug zu den Figuren der Zeichnung näher erläutert. Es zeigt:

**Fig. 1** eine Ansicht auf die Unterseite eines ersten erfindungsgemäßen Spiegels einer Laserbearbeitungsmaschine;

**Fig. 2** einen Schnitt des Spiegels längs einer Linie II-II nach Fig. 1;

**Fig. 3** eine Ansicht auf die Unterseite eines zweiten erfindungsgemäßen Spiegels einer Laserbearbeitungsmaschine;

**Fig. 4** einen Schnitt des Spiegels längs einer Linie IV-IV nach Fig. 3;

**Fig. 5** eine Prinzipdarstellung einer Strahlführung einer Laserbearbeitungsmaschine nach dem Stand der Technik.

Aus der **Fig. 1** ist der Aufbau eines adaptiven Spiegels **1** einer nicht dargestellten an sich bekannten Laserbearbeitungsmaschine ersichtlich. Adaptiv oder deformierbar bedeutet im Sinne der Erfindung eine  
5 asphärische Verformung der Spiegelplattenmembran **2**, welche gezielt variiert und eingestellt werden kann. Derartige adaptive Spiegel **1** können erfindungsgemäß für große Strahlumlenkwinkel verwendet werden.

Der Spiegel **1** umfasst neben der Spiegelplattenmembran **2** einen  
10 Membranträger **3**, welcher im Wesentlichen durch einen Rohransatz **3a** (Zylinder) und einen Übergangsbereich **3b** ausgebildet ist und ein Anschlussstück zur Montage des Spiegels **1** an der Laserbearbeitungsmaschine darstellt. Rohransatz **3a**, Übergangsbereich **3b** und Spiegelplattenmembran **2** bilden gemeinsam ein einstückig  
15 ausgebildetes Bauelement, bei dem die Spiegelplattenmembran **2** in den Membranträger **3** integriert ist, d.h. die Spiegelplattenmembran **2** weist eine feste mechanische Einspannung auf.

Die Krümmungen der Spiegelplattenmembran **2** sind von gering konkav  
20 über plan nach gering konvex einstellbar. Der Spiegel **1** kann gleichzeitig zur Fokusverstellung und zur Strahlumlenkung des Laserstrahls im Bearbeitungskopf der Laserbearbeitungsmaschine eingesetzt werden.

Zur Erzielung der zuvor genannten Eigenschaften des Spiegels **1** kann die  
25 Rückseite der Spiegelplattenmembran **2** druckbeaufschlagt werden. Zur Druckbeaufschlagung ist eine annähernd elliptische Fläche der Spiegelplattenmembran **2** vorgesehen. Die druckbeaufschlagbare Fläche entsteht durch Unterfräsen der Spiegelplattenmembran **2** bzw. durch Ausfräsen einer Ausnehmung **8** des Rohransatzes **3a** unterhalb der

Spiegelplattenmembran 2. Die unterfräste Ausbildung ist der **Fig. 2** zu entnehmen.

Ein erster Spiegelinnenraum (Hohlraum) **6** mit einem kreisförmigen Querschnitt geht in einen zweiten Spiegelinnenraum **7** mit einem elliptischen Querschnitt über. Der Membranträger **3** kann an weitere Bauteile der Laserbearbeitungsmaschine angeflanscht werden, über welche beispielsweise eine Kühlwasserzuleitung in die Spiegelinnenräume **6** und **7** erfolgen kann. Neben der Kühlung der Spiegelplattenmembran **2** wird auch eine Druckbeaufschlagung der Membranrückseite **5** herbeigeführt. Der Spiegelinnenraum **7** kann mit Kühlwasser oder einem Fluid gefüllt werden, so dass die elliptische Fläche der Spiegelplattenmembran **2** gezielt druckbeaufschlagt werden kann.

Es können zusätzliche asphärische (über die Krümmung der adaptiven Funktion hinausgehende) Krümmungen der reflektierenden Fläche **4** der Spiegelplattenmembran **2** ausgebildet oder aufgeprägt sein. Dabei erfährt die Spiegelplattenmembran **2** Dickenabweichungen. Diese Version ist für Anwendungsfälle geeignet, die größere (konvexe als auch konkave) Krümmungen erfordern. Die Spiegelplattenmembran **2** muss nicht zwingend eben ausgebildet sein, sondern durch gezielte Dickenänderungen können unterschiedliche Krümmungen vorgegeben sein. Zum einen kann die reflektierende Fläche **4** des Spiegels **1** eine makroskopische, vorgegebene Krümmung aufweisen („Fokussierspiegel“), so dass eine Fokussierung des Laserstrahls erreicht wird. Zum anderen kann durch die Druckbeaufschlagung der elliptischen Fläche der Membranrückseite **5** beispielsweise mittels Kühlwassers und die daraus resultierende mikroskopische Adaption eine Fokusverstellung eingestellt werden

(„Fokusverstellspiegel“). „Fokusverstellspiegel“ und eigentlicher Fokussierspiegel sind dann zusammengefasst.

Die **Figuren 3** und **4** zeigen bei einem Spiegel **11** eine Alternative zur  
5 Ausbildung einer Spiegelplattenmembran **12** mit einer elliptischen Fläche.  
Ein nach außen kreisringförmiger Membranträger **13** ist einstückig mit der  
Spiegelplattenmembran **12** verbunden und begrenzt nach innen eine  
Spiegelplattenmembran **12** mit einer elliptischen Fläche. Der Laserstrahl  
wird an einer reflektierenden Spiegelfläche **14** umgelenkt. Eine  
10 Membranrückseite **15** kann druckbeaufschlagt werden, wenn ein einziger  
Spiegelinnenraum **16** mit Kühlwasser gefüllt wird.

## BEZUGSZEICHENLISTE

5		
	<b>1</b>	Spiegel
	<b>2</b>	Spiegelplattenmembran
	<b>3</b>	Membranträger
	<b>3a</b>	Rohransatz
10	<b>3b</b>	Übergangsbereich
	<b>4</b>	Spiegelfläche
	<b>5</b>	Membranrückseite
	<b>6</b>	Erster Spiegelinnenraum
	<b>7</b>	Zweiter Spiegelinnenraum
15	<b>8</b>	Ausnehmung
	<b>11</b>	Spiegel
	<b>12</b>	Spiegelplattenmembran
	<b>13</b>	Membranträger
20	<b>14</b>	Spiegelfläche
	<b>15</b>	Membranrückseite
	<b>16</b>	Spiegelinnenraum
	<b>17</b>	Laserstrahl
	<b>18</b>	Spiegel
25	<b>19</b>	Spiegel

THIS PAGE BLANK (USPTO)

## PATENTANSPRÜCHE

- 5    **1.** Spiegel (1; 11) einer Laserbearbeitungsmaschine mit einer über ihre Membranrückseite (5; 15) druckbeaufschlagbaren Spiegelplattenmembran (2; 12) und mit einem Membranträger (3; 13), **dadurch gekennzeichnet**, dass der Membranträger (3; 13) im Bereich der Membranrückseite (5; 15) eine druckbeaufschlagbare, annähernd elliptische oder annähernd rechteckige oder ovale Fläche
- 10 der Membranrückseite (5; 15) begrenzt.
- 2.** Spiegel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Membranträger (3) im Übergangsbereich zur Spiegelplattenmembran
- 15 (2) eine Ausnehmung (8) aufweist.
- 3.** Spiegel nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die annähernd elliptische oder annähernd rechteckige oder ovale Fläche der Membranrückseite (5; 15) durch Kühlwasser oder ein Fluid
- 20 druckbeaufschlagbar ist.
- 4.** Spiegel nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die annähernd elliptische oder annähernd rechteckige oder ovale Fläche der Membranrückseite (5; 15) durch einen Aktuator
- 25 druckbeaufschlagbar ist.
- 5.** Spiegel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Membranträger (3; 13) einen Rohransatz mit kreisrundem Querschnitt umfasst.

6. Spiegel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die reflektierende Fläche (4) des Spiegels (1) eine vorgegebene Krümmung aufweist.



## ZUSAMMENFASSUNG

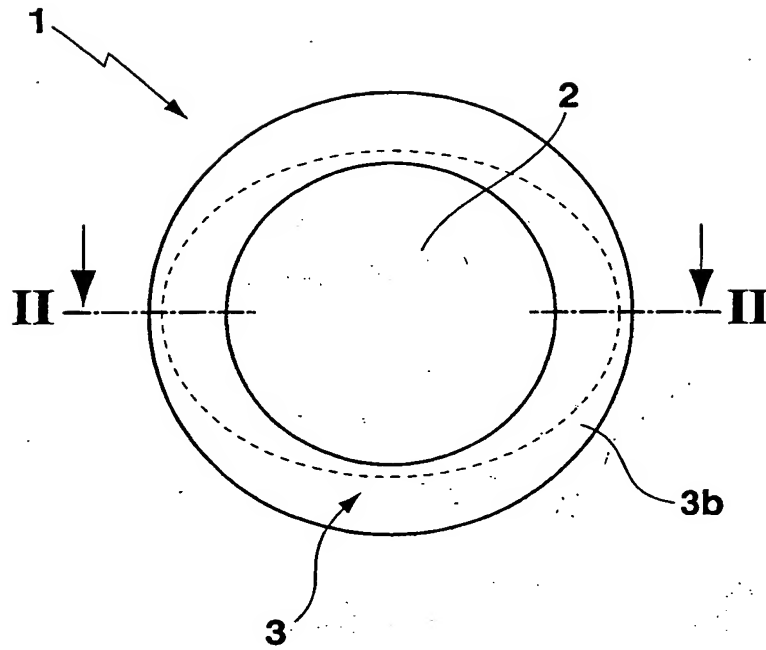
### Spiegel einer Laserbearbeitungsmaschine

5

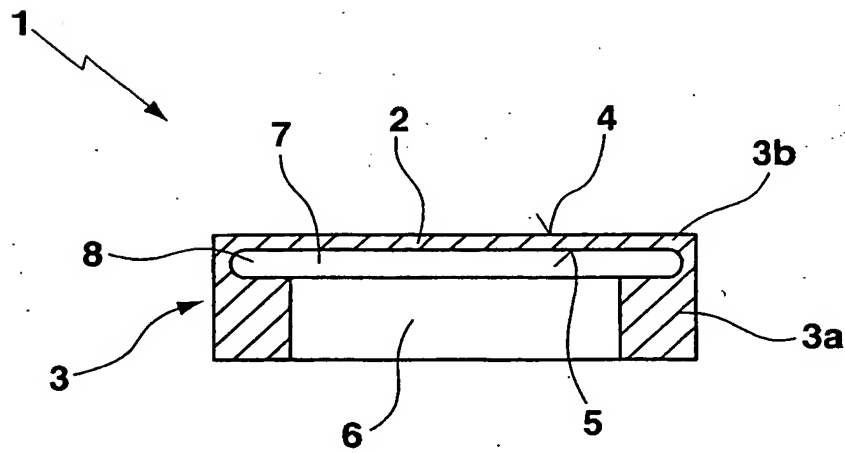
Ein Spiegel (1) einer Laserbearbeitungsmaschine umfasst eine über ihre Membranrückseite druckbeaufschlagbare Spiegelplattenmembran (2) und einen Membranträger (3). Der Membranträger (3) begrenzt im Bereich der  
10 Membranrückseite eine druckbeaufschlagbare, annähernd elliptische oder annähernd rechteckige oder ovale Fläche der Membranrückseite.

15 Fig. 1

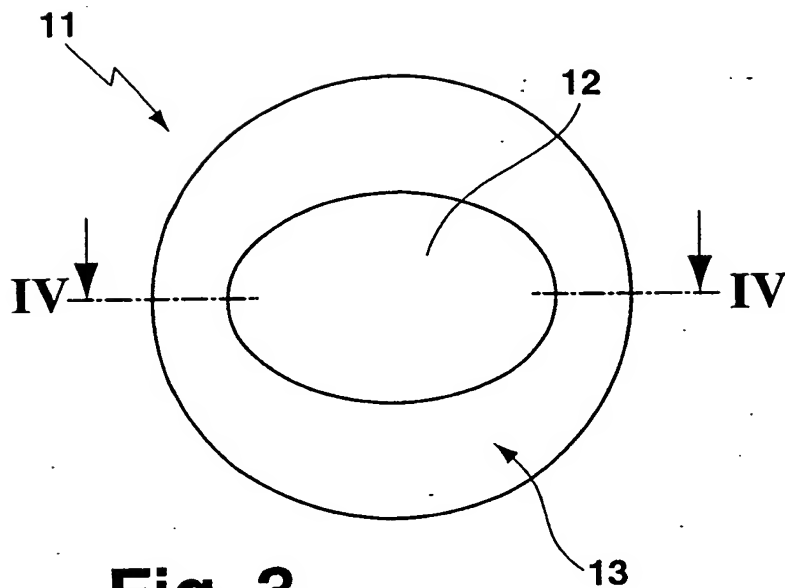
THIS PAGE BLANK (USPTO)



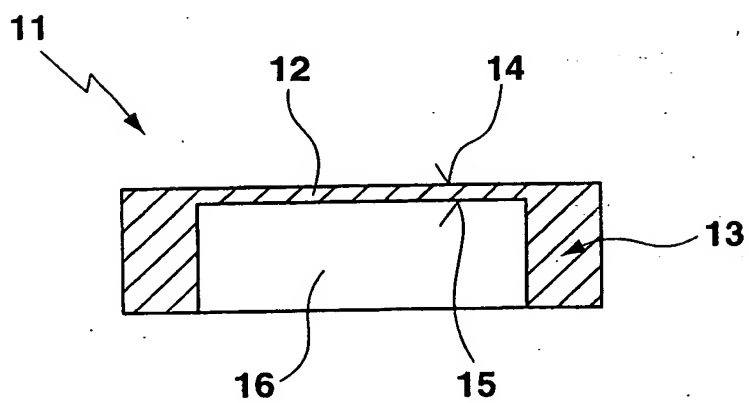
**Fig. 1**



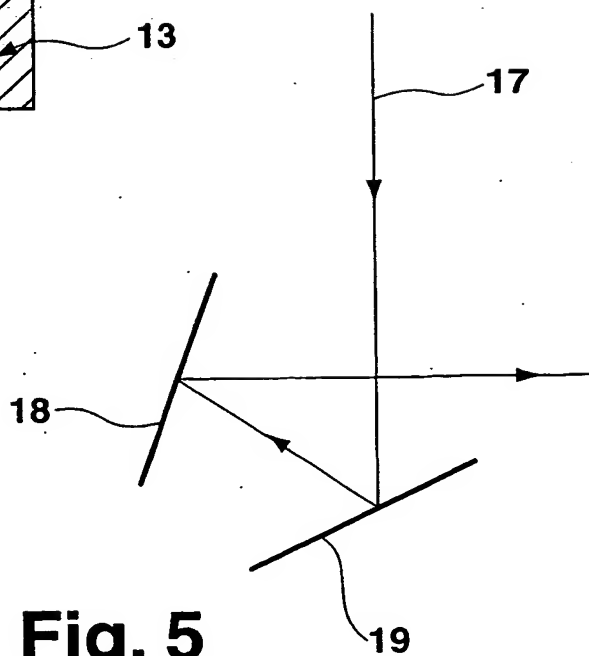
**Fig. 2**



**Fig. 3**



**Fig. 4**



**Fig. 5**